



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 43 162.0

**Anmeldetag:** 17. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Rechnergestütztes Darstellungsverfahren für ein 3D-Objekt

**IPC:** G 06 T 15/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hiebinger

## Beschreibung

## Rechnergestütztes Darstellungsverfahren für ein 3D-Objekt

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein rechnergestütztes Darstellungsverfahren für ein 3D-Objekt. Derartige Verfahren werden unter anderem bei bildgestützten medizinischen Eingriffen angewendet.
- 10 Bei diesen Verfahren wird vom Rechner kontinuierlich eine 2D-Grundabbildung des Objekts ermittelt und über ein Ausgabesystem als Bild flüchtig ausgegeben. Der Einsatz derartiger Darstellungsverfahren bietet sich dabei insbesondere deshalb an, weil die hierzu benötigte Ausstattung im Operationssaal oft
- 15 vorhanden ist. Darüber hinaus ist diese Ausstattung einfacher handhabbar und kostengünstiger in der Anschaffung als eine Ausstattung für eine 3D-Bildgebung wie beispielsweise einen Magnetresonanztomographen, einen Computertomographen, 3D-Angiographiegeräte und dergleichen. Darüber hinaus ist die Ermittlung eines Volumendatensatzes, der ein Objekt beschreibt, mit dem heutigen Stand der Technik in Echtzeit nicht möglich. Die Echtzeitfähigkeit der Bildgebung ist aber gerade in Zusammenhang mit Eingriffen in den Körper eine unverzichtbare Eigenschaft.
- 20 2D-Abbildungen des Objekts weisen eine Anzahl von Nachteilen auf. So steht insbesondere ein Bediener (der Operateur) beim Einsatz von 2D-Abbildungen des Objekts immer vor der schwierigen Aufgabe, den dargestellten 2D-Bildinhalt mental auf die realen dreidimensionalen anatomischen Verhältnisse zu übertragen. Oft stellt sich dem Bediener auch die Situation dar, dass eine präoperative Eingriffplanung anhand eines Volumendatensatzes und aus dem Volumendatensatz ermittelten 2D-Darstellungen erfolgte, diese Planungsergebnisse bei der Operation aber nicht direkt auf in Echtzeit verfügbaren 2D-Abbildungen während der Operation abbildbar sind.
- 30 35

Bei Navigationsprozeduren werden im klinischen Umfeld meist mit Positionssensoren bestückte chirurgische Instrumente benutzt. Dadurch kann die aktuelle Position dieser Instrumente - gegebenenfalls nach einer einmalig oder mehrmals während  
5 des Eingriffs durchgeführten sogenannten Registrierungsprozedur - während des Eingriffs in präoperativ erzeugten Bilddaten dargestellt werden. Bei dieser Vorgehensweise ist die nicht einfache Handhabung der Positionssensoren problematisch. Auch die Registrierungsprozedur ist meist sehr aufwändig.  
10 Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die präoperativen, aus einem Volumendatensatz des Objekts ermittelten Bilddaten oft nicht die erforderliche Aktualität aufweisen.

Bei orthopädischen Prozeduren ist ferner bekannt, mehrere 2D-  
15 Abbildungen des Objekts (meist in Form von Projektionen) darzustellen und so eine Navigation zu betreiben. Dieser Ansatz behebt den Nachteil der mangelnden Aktualität der präoperativen 3D-Volumendaten, da diese Daten hier durch Röntgenbilder ersetzt werden. Allerdings steht hier keine echte 3D-Information  
20 zur Verfügung, sondern nur eine quasi-3D-Information, aus der der Operateur mental ein 3D-Szenario erzeugen muss. Darüber hinaus können auch bei dieser Vorgehensweise Ergebnisse einer vorherigen Eingriffsplanung, die vorab anhand präoperativer (echter) 3D-Bilddaten durchgeführt wurde, nicht  
ohne weiteres auf die intraoperativen 2D-Projektionen übertragen werden.

Schließlich ist noch bekannt, zwei Projektionen des Operationsfelds aufzunehmen und über das Ausgabesystem als Bilder  
30 darzustellen. Die Projektionen werden dabei unter verschiedenen Winkeln aufgenommen, um quasi-räumliche Information über das Operationsfeld zu gewinnen. Auch bei diesem Ansatz wird keine echte 3D-Bildinformation generiert, so dass wiederum der 3D-Kontext vom Operateur mental geschaffen werden muss.

35

In der älteren, nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 102 10 646.0 mit dem Titel „Verfahren zur Bilddar-

stellung eines in einen Untersuchungsbereich eines Patienten  
eingebrachten medizinischen Instruments", eingereicht am  
11.03.2002, ist ein rechnergestütztes Darstellungsverfahren  
für ein 3D-Objekt beschrieben, bei dem von einem Rechner eine  
5 2D-Grunddarstellung eines 3D-Volumendatensatzes des Objekts  
ermittelt und über ein Ausgabesystem als Bild flüchtig ausge-  
geben wird. Vom Rechner wird ferner eine 2D-Grundabbildung  
des Objekts ermittelt und - zumindest teilweise - der Grund-  
darstellung überlagert bzw. in diese eingeblendet. Diese Vor-  
10 gehensweise stellt bereits einen großen Fortschritt dar, ist  
aber immer noch nicht in allen Aspekten völlig befriedigend.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein  
rechnergestütztes Darstellungsverfahren für ein 3D-Objekt zu  
15 schaffen, mittels dessen für einen Bediener (einen Operateur)  
eine noch einfachere Erfassung der dargestellten Sachverhalte  
möglich ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass vom Rechner eine 2D-  
20 Grundabbildung des Objekts ermittelt und über ein Ausgabesys-  
tem als Bild flüchtig ausgegeben wird, dass von einem Rechner  
eine 2D-Grunddarstellung eines 3D-Volumendatensatzes des Ob-  
jekts ermittelt und über das Ausgabesystem als Bild flüchtig  
ausgegeben wird und dass die Grundabbildung und die Grunddar-  
stellung vom Rechner gleichzeitig, aber örtlich getrennt von-  
einander ausgegeben werden.

Die vorliegende Erfindung zielt also insbesondere auf intra-  
operative Situationen ab, bei denen einerseits intraoperati-  
30 ve, in Echtzeit ermittelte 2D-Bilddaten verwendet werden, a-  
ber zusätzlich präoperative 3D-Bilddaten existieren, so dass  
sich die Informationen der 2D-Bilddaten und die Informationen  
der 3D-Bilddaten gegenseitig ergänzen können. Die Erfindung  
beschränkt sich aber nicht auf ein einheitliches Darstellen  
35 ineinander (Einblenden), sondern betrifft ein Darstellen der  
Bilder nebeneinander.

Wenn nicht nur die Grundabbildung, sondern auch die Grunddarstellung vom Rechner in Echtzeit ermittelt wird, ist das Verfahren besonders vielseitig anwendbar. Insbesondere besteht in diesem Fall die Möglichkeit, die Grunddarstellung interaktiv zu ändern.

Wenn die Grundabbildung durch eine Grundaufnahmegeometrie bestimmt ist und die Grundaufnahmegeometrie jederzeit änderbar ist, ist auch die Grundabbildung jederzeit etwaigen geänderten Erfordernissen anpassbar.

Wenn zum Anpassen der Grundabbildung die Grundaufnahmegeometrie von einem Bediener manuell in eine Grundaufnahmestellung verfahren werden soll, kann dies besonders genau und zuverlässig geschehen, wenn bei Erreichen der Grundaufnahmestellung der Rechner eine akustische oder optische Grundrückmeldung an den Bediener ausgibt und/oder die Grundaufnahmegeometrie eine mechanische Grundrückmeldung an den Bediener ausgibt.

Wenn die Grunddarstellung und die Grundabbildung perspektivische Projektionen sind und derart bestimmt werden, dass ihre Projektionsparameter übereinstimmen, zeigen beide Bilder das Objekt unter dem gleichen Blickwinkel. Im Idealfall stimmen die Bilder sogar überein. Der mentale Abgleich der beiden Bilder miteinander ist dadurch für den Bediener besonders einfach.

Ein Bestimmen der Projektionsparameter der Grunddarstellung derart, dass die Projektionsparameter mit den Projektionsparametern der Grundabbildung übereinstimmen, ist im Stand der Technik unter dem Begriff „Registrierung“ bekannt. Registrierungsverfahren sind beispielsweise in der eingangs erwähnten DE 102 10 646.0 beschrieben. Sie sind als solche nicht Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

Wenn mindestens eine vom Rechner in Bezug auf den Volumendaten-  
satz gegebenen ortsbezogene Information vom Rechner an  
einer korrespondierenden Stelle der Grundabbildung berück-  
sichtigt wird, ist das Verständnis des dargestellten Sachver-  
5 halts für den Bediener noch einfacher.

Der Volumendatenatz ist in aller Regel vorab ermittelt wor-  
den. Er kann beispielsweise einen Gefäßbaum repräsentieren,  
innerhalb dessen ein Katheter geführt werden soll. Anhand des  
10 Volumendatenatzes kann beispielsweise ein Weg festgelegt  
worden sein, entlang dessen der Katheter zu führen ist. In  
einem derartigen Fall ist z. B. ein Einblenden einer soge-  
nannten „road map“ in die Grundabbildung möglich. Auch ist es  
möglich, mittels eines Cursors in der Grunddarstellung Berei-  
15 che zu markieren oder zu selektieren und derartige Markierun-  
gen bzw. Selektionen halb- oder vollautomatisch in die Grund-  
abbildung zu übertragen. Gegebenenfalls ist es sogar möglich,  
einen Cursor für die Grunddarstellung mit einem Cursor für  
die Grundabbildung direkt zu koppeln.

20 Auch die umgekehrte Vorgehensweise ist prinzipiell möglich.  
Es ist also auch möglich, mindestens eine vom Rechner in Be-  
zug auf das Objekt gegebene ortsbezogene Information vom  
Rechner an einer korrespondierenden Stelle der Grunddarstel-  
lung zu berücksichtigen. Beispielsweise kann der tatsächliche  
momentane Ort einer Katheterspitze ermittelt und in der  
Grunddarstellung angezeigt werden.

Bei der Berücksichtigung von in Bezug auf das Objekt gegebene  
30 nen ortsbezogenen Informationen an korrespondierenden Stellen  
der Grunddarstellung ist aber zusätzlich zu berücksichtigen,  
dass - im Gegensatz zur Abbildung vom Dreidimensionalen ins  
Zweidimensionale - die Abbildung von der Grundabbildung in  
die Grunddarstellung in der Regel nicht eindeutig ist. Jeder  
35 Punkt der Grundabbildung wird vielmehr in eine Linie im Volu-  
mendatenatz abgebildet. Diese Linie reduziert sich nur dann  
wieder auf einen Punkt der Grunddarstellung, wenn die Grund-

darstellung und die Grundabbildung perspektivische Projektionen sind, deren Projektionsparameter übereinstimmen.

Insbesondere aufgrund dieser Unbestimmtheit der Abbildung der  
5 Grundabbildung in den Volumendatensatz ist es von Vorteil, wenn vom Rechner auch eine von der Grundabbildung des Objekts verschiedene 2D-Zusatzabbildung des Objekts ermittelt wird, die Zusatzabbildung vom Rechner über das Ausgabemedium als Bild flüchtig ausgegeben wird und die Zusatzabbildung des Ob-  
10 jekts gleichzeitig zur Grundabbildung und der Grunddarstellung, aber örtlich getrennt von diesen ausgegeben wird. Die Ermittlung der Zusatzabbildung erfolgt dabei selbstverständlich in Echtzeit.

15 Denn dadurch, dass dann zwei 2D-Abbildungen zur Verfügung stehen, können bei Markierung je einer bestimmten Stelle in den beiden Abbildungen im Volumendatensatz zwei Linien ermittelt werden. Ähnlich einer Kreuzpeilung kann somit ein korrespondierender Ort im Volumendatensatz ermittelt werden und  
20 auch in der Grunddarstellung dann eindeutig (punktuell) markiert werden.

Analog zur Grundabbildung ist auch die Zusatzabbildung durch eine Zusatzaufnahmegeometrie bestimmt. Vorzugsweise ist auch die Zusatzaufnahmegeometrie jederzeit änderbar. In analoger  
Weise zur Grundabbildung kann dabei wieder ein manuelles Verfahren in eine vorbestimmte Zusatzaufnahmestelle durch eine akustische oder optische Zusatzrückmeldung des Rechners und/oder eine mechanische Zusatzrückmeldung der Zusatzaufnahmege-  
30 ometrie erfolgen.

Die Grundaufnahmegeometrie weist eine Grundabbildungshauptachse auf, die Zusatzaufnahmegeometrie eine Zusatzabbildungshauptachse. Die Abbildungshauptachsen schneiden sich in der  
35 Regel unter Bildung eines Schnittwinkels in einem gemeinsamen Schnittpunkt. Der Schnittwinkel ist vorzugsweise derart zu bestimmen, dass die durch die Grund- und die Zusatzabbildung

vermittelte Gesamtinformation des Objekts möglichst groß ist. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Zusatzabbildung relativ zur Grundabbildung derart bestimmt wird, dass der Schnittwinkel  $90^\circ$  beträgt.

5

Falls der Schnittwinkel konstruktionsbedingt nur maximal so groß wie ein Grenzwinkel sein kann, der kleiner als  $90^\circ$  ist, wird die Zusatzabbildung relativ zur Grundabbildung vorzugsweise derart bestimmt, dass der Schnittwinkel gleich dem

10 Grenzwinkel ist.

Vorzugsweise wird vom Rechner auch eine von der Grunddarstellung des Volumendatensatzes verschiedene 2D-Zusatzdarstellung des Volumendatensatzes ermittelt und über das Ausgabesystem als Bild flüchtig ausgegeben. Die Zusatzdarstellung wird dabei gleichzeitig zur Grundabbildung und der Grunddarstellung, aber örtlich getrennt von diesen, gegebenenfalls auch örtlich getrennt von der Zusatzabbildung, ausgegeben. Dadurch ist für den Bediener ein noch besseres Verständnis des dargestellten Sachverhalts möglich. Ebenso wie bei der Grunddarstellung wird auch die Zusatzdarstellung vorzugsweise vom Rechner in Echtzeit ermittelt. Denn dadurch ist sie wieder interaktiv änderbar.

20

Wenn die Zusatzdarstellung und die Zusatzabbildung perspektivische Projektionen sind und derart bestimmt werden, dass ihre Projektionsparameter übereinstimmen, ist ein mentaler Abgleich und Vergleich der Zusatzabbildung und der Zusatzdarstellung für den Bediener wieder besonders einfach.

30

Vorzugsweise wird vom Rechner ferner eine sowohl von der Grunddarstellung als auch von der Zusatzdarstellung des Volumendatensatzes unabhängige 2D-Ergänzungsdarstellung des Volumendatensatzes ermittelt und über das Ausgabesystem als Bild flüchtig ausgegeben. Auch die Ergänzungsdarstellung wird dabei gleichzeitig mit der Grundabbildung, der Grunddarstellung und der Zusatzdarstellung, aber örtlich getrennt von diesen,

35



gegebenenfalls auch örtlich getrennt von der Zusatzabbildung, ausgegeben. Denn dann ist das Darstellungsverfahren noch vielseitiger. Insbesondere kann beispielsweise die Ergänzungsdarstellung variiert werden, ohne die Grund- und die Zusatzdarstellung ändern zu müssen.

Auch die Ergänzungsdarstellung wird vorzugsweise - ebenso wie die Grunddarstellung und die Zusatzdarstellung - in Echtzeit ermittelt. Denn dann ist sie wieder interaktiv änderbar.

10

Wenn die Abbildungen und die Darstellungen jeweils über eine eigene Ausgabeeinrichtung, z. B. einen Monitor, des Ausgabesystems ausgegeben werden, erfolgt die Ausgabe auf besonders übersichtliche Weise.

15

Wie oben stehend ausgeführt, können die Grund- und die Zusatzdarstellung perspektivische Projektionen sein. Gleiches gilt selbstverständlich auch für die Ergänzungsdarstellung. Es ist aber auch möglich, dass die Darstellungen - einzeln oder zusammen - parallele Projektionen oder Schnitte sind. Auch die Grund- und die Zusatzabbildung können perspektivische Projektionen sein.

20

Wenn die Grundabbildung, gegebenenfalls auch die Zusatzabbildung, durch Röntgenstrahlung oder durch Ultraschall ermittelt werden, gestaltet sich die Ermittlung der Abbildungen besonders einfach.

25

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

30

FIG 1                    schematisch eine bildgebende Modalität,

35    FIG 2                    einen Ausschnitt von FIG 1 und

FIG 3 und 4      Kombinationen von 2D-Darstellungen eines Volumendatensatzes eines Objekts mit mindestens einer 2D-Abbildung des Objekts.

- 5    Gemäß FIG 1 ist eine bildgebende Modalität 1 z. B. als Röntgenanlage 1 ausgebildet. Die Röntgenanlage 1 ist mit einem Steuerrechner 2 verbunden.

Die Röntgenanlage 1 ist gemäß FIG 2 als C-Bogen-Anlage ausgebildet. Sie weist also ein Röntgensystem auf, das aus einer Röntgenquelle 3 und einem Röntgendetektor 4 besteht, die auf einer gemeinsamen Kreisbahn 5 um eine Schwenkachse 6 verschwenkbar sind. Jede Stelle auf der Kreisbahn 5 definiert eine Aufnahmegeometrie. Die Aufnahmegeometrie weist insbesondere eine Abbildungshauptachse 7 auf, die durch die Röntgenquelle 3 und das Zentrum des Röntgendetektors 4 bestimmt ist. Sie schneidet die Schwenkachse 6 in einem Schnittpunkt 8.

Ein mit dieser Aufnahmegeometrie erfasstes Durchleuchtungsbild eines Objekts 9 (in der Regel eines Menschen 9) ist somit mittels des Röntgendetektors 4 erfassbar und in Echtzeit an den Steuerrechner 2 übermittelbar. Von diesem wird dann die korrespondierende Abbildung 23 des Objekts 9 ermittelt und in Echtzeit über ein Ausgabesystem 10 als Bild flüchtig ausgegeben. Im vorliegenden Fall eines Durchleuchtungsbildes ist die Abbildung 23 eine perspektivische Projektion 23.

Gemäß FIG 2 ist zusätzlich zu dem von der Röntgenquelle 3 und dem Röntgendetektor 4 gebildeten Röntgensystem ein weiteres Röntgensystem vorhanden, das ebenfalls eine Röntgenquelle 3' und einen Röntgendetektor 4' aufweist. Die Röntgensysteme sind dabei im wesentlichen gleich ausgebildet. Sie sind auch in gleicher Weise betreibbar. Gleiche Komponenten sind daher mit den gleichen Bezugszeichen versehen, die aber zur Unterscheidung vom erstgenannten Röntgensystem mit einem Apostroph versehen sind.

Soweit nachfolgend zwischen dem vom Röntgendetektor 4 erfassten Durchleuchtungsbild (Projektion 23) und dem vom Röntgendetektor 4' erfassten Durchleuchtungsbild (Projektion 23') unterschieden wird, ist ersteres als Grundabbildung 23 bzw. Grundprojektion 23 bezeichnet, letzteres als Zusatzabbildung 23' bzw. Zusatzprojektion 23'.

Gemäß FIG 3 wird vom Steuerrechner 2 die Zusatzabbildung 23' ebenfalls über das Ausgabesystem 10 ausgegeben. Das Ausgabesystem 10 weist hierfür eine Vielzahl von Ausgabeeinrichtungen 11, z. B. von Monitoren 11, auf. Die beiden Projektionen 23, 23' werden dabei über je eine eigene Ausgabeeinrichtung 11 ausgegeben. Die Ausgabe der Abbildungen 23, 23' erfolgt also zwar gleichzeitig, aber getrennt voneinander.

Die Grund- und die Zusatzabbildung 23, 23' sind durch die Aufnahmegeometrien bestimmt, wobei gemäß FIG 2 die Aufnahmegeometrien voneinander verschieden sind. Insbesondere schneiden sich die Abbildungshauptachsen 7, 7' unter Bildung eines Schnittwinkels  $\alpha$  in dem Schnittpunkt 8. Somit ist auch die Zusatzabbildung 23' von der Grundabbildung 23 verschieden.

Die Zusatzabbildung 23' wird relativ zur Grundabbildung 23 derart bestimmt, dass der Schnittwinkel  $\alpha$  einen Minimalwert nicht unterschreitet. Vorzugsweise sollte der Schnittwinkel  $\alpha$   $90^\circ$  betragen. Wenn dies nicht möglich sein sollte, weil ein Grenzwinkel, unter dem die Abbildungshauptachsen 7, 7' sich maximal schneiden können, kleiner als  $90^\circ$  ist, wird die Zusatzabbildung 23' relativ zur Grundabbildung 23 vorzugsweise derart bestimmt, dass der Schnittwinkel  $\alpha$  gleich dem Grenzwinkel ist. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass gute Ergebnisse bereits erzielbar waren, wenn der Schnittwinkel  $\alpha$   $45^\circ$  betragen hat.

Prinzipiell sind die Grundaufnahmegeometrie und die Zusatzaufnahmegeometrie der Röntgensysteme unabhängig voneinander einstellbar. Sie können dabei beispielsweise, wie in FIG 1

angedeutet, manuell durch einen Bediener 12 oder vom Steuerrechner 2 verstellt werden. In jedem Fall aber sind die Aufnahmegeometrien jederzeit änderbar.

5 Wenn das Ändern der Aufnahmegeometrien manuell durch den Bediener 12 erfolgt, ist das Anfahren vorbestimmter Aufnahme-  
stellungen kritisch. Daher werden beispielsweise mittels Sen-  
soren von einer Steuereinrichtung 13 kontinuierlich die mo-  
mentanen Stellungen der Röntgensysteme erfasst und an den  
10 Steuerrechner 2 gemeldet. Wenn z. B. die Grundaufnahmegeometrie eine vorbestimmte Aufnahmestellung erreicht, gibt der  
Rechner 2 über einen Bildschirm oder eine schematisch ange-  
deutete Signallampe 14 eine optische Rückmeldung an den Be-  
diener 12 aus.

15 Alternativ oder zusätzlich kann bei Erreichen der gewünschten Aufnahmestellung auch eine akustische Rückmeldung über einen  
kleinen Lautsprecher 15 erfolgen. Es ist auch möglich, dass  
die Röntgenanlage 1 selbst schematisch angedeutete mechani-  
sche Rückkopplungselemente 16 aufweist, so dass die Aufnahme-  
20 geometrie selbst ähnlich einem Schalter mit mehreren Dreh-  
stellungen eine mechanische Rückmeldung an den Bediener 12  
ausgibt.

25 Die obigen Ausführungen bezüglich des definierten Anfahrens von Aufnahmestellungen gelten selbstverständlich gleichermaßen für das Grundröntgensystem und das Zusatzröntgensystem.

Das Aufnehmen der Durchleuchtungsbilder des Objekts 9 (Pro-  
30 jektionen 23, 23') und Darstellen der Projektionen 23, 23'  
über die Ausgabeeinrichtungen 11 wird vom Steuerrechner 2 un-  
ter Abarbeitung eines Computerprogramms 17 durchgeführt, mit  
dem der Steuerrechner 2 programmiert ist.

35 Dem Steuerrechner 2 ist auch ein Speicher 18 zugeordnet. Im  
Speicher 18 ist unter anderem ein Volumendatensatz 19 des Ob-  
jekts 9 hinterlegt. Der Volumendatensatz 19 kann dabei anhand

von Daten aller bildgebenden 3D-Modalitäten ermittelt worden sein. Der Volumendatensatz 19 kann also beispielsweise mittels Computertomographie, Magnetresonanztomographie, 3D-Angiographie, 3D-Röntgenverfahren, 3D-Ultraschall und anderer  
5 bildgebender 3D-Verfahren wie beispielsweise Positronen-Emissions-Tomographie (PET) oder Single Photon Emission Computer Tomography (SPECT) ermittelt worden sein.

10 Gesteuert durch das Computerprogramm 17, ermittelt der Steuerrechner 2 daher auch mindestens eine Darstellung 20 bis 22 des Volumendatensatzes 19 und stellt sie über eine der Ausgabeeinrichtungen 11 des Ausgabesystems 10 dar. Der Steuerrechner 2 gibt dabei jede der Darstellungen 20 bis 22 über je eine eigene Ausgabeeinrichtung 11 des Ausgabesystems 10 als  
15 Bild flüchtig aus. Auch die Darstellungen 20 bis 22 werden somit vom Steuerrechner 2 zwar gleichzeitig, aber örtlich getrennt voneinander (und auch örtlich getrennt von den Abbildungen 23, 23') ausgegeben.

20 Gemäß FIG 3 gibt der Steuerrechner 2 drei Darstellungen 20 bis 22 des Volumendatensatzes 19 über je eine der Ausgabeeinrichtung 11 aus. Die Darstellungen 20 bis 22 werden nachfolgend zur Unterscheidung voneinander als Grunddarstellung 20, Zusatzdarstellung 21 und Ergänzungsdarstellung 22 bezeichnet.

25 Die Darstellungen 20 bis 22 werden vom Steuerrechner 2 in Echtzeit ermittelt. Gemäß FIG 3 sind insbesondere die Grunddarstellung 20 und die Zusatzdarstellung 21 perspektivische Projektionen 20, 21. Die Projektionsparameter der Grunddarstellung 20 stimmen dabei mit den Projektionsparametern der Grundabbildung 23 überein. Ebenso stimmen die Projektionsparameter der Zusatzdarstellung 21 mit den Projektionsparametern der Zusatzabbildung 23' überein. Insbesondere ist somit  
30 auch die Zusatzdarstellung 21 von der Grunddarstellung 20  
35 verschieden.

Die Ergänzungsdarstellung 22 ist von der Grunddarstellung 20 und der Zusatzdarstellung 21 unabhängig. Sie ist gemäß FIG 3 insbesondere interaktiv änderbar. Beispielsweise kann der Volumendatensatz 19 über die Ergänzungsdarstellung 22 unter sich ändernden Blickwinkeln dargestellt werden.

Gemäß FIG 3 ist die Grunddarstellung 20 an die Grundabbildung 23 gekoppelt, die Zusatzdarstellung 21 an die Zusatzabbildung 23'. Insbesondere sind somit die Grunddarstellung 20 und die Zusatzdarstellung 21 zwangsweise perspektivische Projektionen 20, 21. Im vorliegenden Fall steht sogar eine gegenseitige Kopplung zwischen Grundabbildung 23 und Zusatzabbildung 23', so dass indirekt auch die Grunddarstellung 20 und die Zusatzdarstellung 21 miteinander gekoppelt sind. Es ist somit möglich, bei einer Änderung von Grund- oder Zusatzabbildung 23, 23' die korrespondierende Darstellung 20, 21 unmittelbar und automatisch mitzuführen. Somit sind indirekt auch die Grund- und die Zusatzdarstellung 20, 21 interaktiv änderbar.

Darüber hinaus ist es prinzipiell aber auch möglich, die Grunddarstellung 20 von der Grundabbildung 23 zu entkoppeln und ebenso auch die Zusatzdarstellung 21 von der Zusatzabbildung 23' zu entkoppeln. In diesem Fall ist selbstverständlich auch eine direkte interaktive Änderung der Grund- und der Zusatzdarstellung 20, 21 möglich. Darüber hinaus müssen in diesem Fall die Grund- und die Zusatzdarstellung 20, 21 nicht notwendigerweise perspektivische Projektionen sein. Vielmehr können sie in diesem Fall auch parallele Projektionen oder Schnitte sein.

30

Ein Beispiel einer derartigen Entkopplung zeigt FIG 4. Gemäß FIG 4 werden über das Ausgabesystem 10 drei Darstellungen 20 bis 22 (des Volumendatensatzes 19) und eine Projektion 23 (des Objekts) gleichzeitig, aber örtlich getrennt voneinander ausgegeben. Die drei Darstellungen 20 bis 22 sind gemäß FIG 4 z. B. drei zueinander senkrechte Schnitte 20 bis 22. Die Pro-

jektion 23 kann im Einzelfall parallel zu einem der Schnitte verlaufen. Dies ist im Allgemeinen aber nicht der Fall.

Die Schnitte 20 bis 22 und die Projektion 23 werden gemäß FIG 4 über eine einzige, gemeinsame Ausgabeeinrichtung 11 des Ausgabesystems 10 ausgegeben. Sie könnten aber auch über jeweils eine eigene Ausgabeeinrichtung 11 ausgegeben werden. In jedem Fall aber werden sie immer gleichzeitig, aber örtlich getrennt voneinander ausgegeben.

Gemäß FIG 4 ist es möglich, dass vom Steuerrechner 2 mindestens eine in Bezug auf den Volumendatensatz 19 gegebene ortsbezogene Information an einer korrespondierenden Stelle der Projektion 23 berücksichtigt wird.

Beispielsweise weisen die drei Schnitte 20 bis 22 einen gemeinsamen Punkt 24 auf. Dieser Punkt 24 entspricht einem 3D-Cursor 24. Dieser 3D-Cursor 24 kann beispielsweise in die Projektion 23 als Markierung 25 mit eingeblendet werden. Auch ist es beispielsweise möglich, einen geplanten 3D-Weg für ein Werkzeug, der anhand des Volumendatensatzes 19 ermittelt wurde, in die Projektion 23 einzublenden. Gemäß FIG 3 geschieht dies beispielsweise für beide Abbildungen 23, 23' über eigene Ausgabeeinrichtungen 11 des Ausgabesystems 10. Dort werden also zusätzlich zu den Abbildungen 23, 23' noch zwei weitere Abbildungen 27, 27' ausgegeben.

Auch ist es möglich, einen anderweitig in den Schnitten 20 bis 22 markierten oder selektierten Bereich des Volumendatensatzes 19 in ähnlicher Weise automatisch in der Projektion 23 zu markieren oder zu selektieren. Es ist sogar möglich, einen Cursor 26 der Projektion 23 mit dem gemeinsamen Punkt 24 der Schnitte 20 bis 22 zu verkoppeln.

Das Verfahren kann insbesondere auch dazu verwendet werden, die Genauigkeit der Registrierung zu überprüfen. Beispielsweise können markante Stellen des Volumendatensatzes 19 in

den Schnitten 20 bis 22 markiert werden. Durch gleichzeitiges automatisches Markieren der korrespondierenden Stellen 25 durch den Steuerrechner 2 kann dann auf einfache Weise die Korrektheit der Registrierung, das heißt der Abbildung des 5 Volumendatensatzes 19 in die Projektion 23, überprüft werden.

Auch umgekehrt ist es möglich, dass vom Steuerrechner 2 mindestens eine im Bezug auf das Objekt 9 gegebene ortsbezogene Information an korrespondierenden Stellen der Schnitte 20 bis 10 22 berücksichtigt wird. Dies ist insbesondere dann möglich, wenn nicht nur die Grund-, sondern auch die Zusatzabbildung 23, 23' genutzt werden kann. Denn dann ist anhand der zwei Projektionen 23, 23' ein Ort im Volumendatensatz 19 eindeutig bestimmbar. Somit kann auch eine Rückabbildung eindeutig aus- 15 geführt werden. Es ist also wiederum z. B. eine Kopplung des Cursors 26 mit dem gemeinsamen Punkt 24 möglich und auch ein Markieren und Selektieren von Bereichen in der Projektion 23 (bzw. den Projektionen 23, 23'), wobei dann der Steuerrechner 2 automatisch die korrespondierenden Markierungen und Selektierungen in den Schnitten 20 bis 22 vornimmt. 20

Das vorliegende Verfahren zum Einblenden von aus der Projektion 23 (bzw. den Projektionen 23, 23') gewonnenen Informationen in die Darstellungen 20 bis 22 kann insbesondere dazu 25 benutzt werden, ein chirurgisches Instrument, z. B. einen Katheter, und hier insbesondere die Katheterspitze, in der Projektion 23 (bzw. in den Projektionen 23, 23') zu markieren und diese Spitze dann in die Schnitte 20 bis 22 einzublenden. Denn in den Projektionen 23, 23' wird der Katheter meist sehr 30 hoch auflösend dargestellt, während die anatomische Information des umgebenden Gewebes oftmals nur unzureichend abgebildet werden kann. Durch das Einblenden der Katheterspitze in die Schnitte 20 bis 22 (bzw. allgemeiner die Darstellungen des Volumendatensatzes 19) kann daher der Katheter aufgrund 35 der vorliegenden Erfindung erheblich präziser geführt werden. Das Auffinden der Katheterspitze in der Projektion 23 (bzw.



in den Projektionen 23, 23') dann dabei ggf. automatisch erfolgen.

5 Gemäß dem oben stehend beschriebenen Ausführungsbeispiel werden durch Röntgenstrahlung Abbildungen 23, 23' ermittelt, die Projektionen 23, 23' sind. Dies stellt auch den häufigsten Anwendungsfall dar. Die Abbildungen 23, 23' können aber auch auf andere Art, insbesondere durch Ultraschall, SPECT und PET ermittelt werden. In diesen Fällen müssen die Abbildungen 23,  
10 23' nicht notwendigerweise Projektionen 23, 23' sein.

Die vorliegende Erfindung wurde ferner in Verbindung mit einer medizinischen Anwendung beschrieben. Sie ist aber nicht auf medizinische Anwendungen beschränkt, sondern vielmehr  
15 allgemein anwendbar.

## Patentansprüche

1. Rechnergestütztes Darstellungsverfahren für ein 3D-Objekt (9), mit folgenden Merkmalen:

- 5 - von einem Rechner (2) wird eine 2D-Grundabbildung (23) des Objekts (9) ermittelt und über ein Ausgabesystem (10) als Bild flüchtig ausgegeben,  
- vom Rechner (2) wird eine 2D-Grunddarstellung (20) eines 3D-Volumendatensatzes (19) des Objekts (9) ermittelt und  
10 über das Ausgabesystem (10) als Bild flüchtig ausgegeben,  
- die Grundabbildung (23) und die Grunddarstellung (20) werden vom Rechner (2) gleichzeitig, aber örtlich getrennt voneinander ausgegeben.

15 2. Darstellungsverfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Grunddarstellung (20) vom Rechner (2) in Echtzeit ermittelt wird.

20 3. Darstellungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Grunddarstellung (20) interaktiv änderbar ist.

25 4. Darstellungsverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Grundabbildung (23) durch eine Grundaufnahmegeometrie bestimmt ist und dass die Grundaufnahmegeometrie jederzeit änderbar ist.

30 5. Darstellungsverfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Grundaufnahmegeometrie von einem Bediener (12) in eine Grundaufnahmestellung verfahren wird und dass bei Erreichen der Grundaufnahmestellung der Rechner (2) eine akustische oder optische Grundrückmeldung und/oder die Grundaufnahmegeometrie eine mechanische Grundrückmeldung an den Bediener  
35 (12) ausgibt.

6. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Grunddarstellung (20) und die Grundabbildung (23)  
perspektivische Projektionen (20, 23) sind und derart be-  
5 stimmt werden, dass ihre Projektionsparameter überstimmen.

7. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mindestens eine in Bezug auf den Volumendatensatz (19)  
10 gegebene Information (24) vom Rechner (2) an einer korrespon-  
dierenden Stelle (25) der Grundabbildung (23) berücksichtigt  
wird.

8. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,  
15 dadurch gekennzeichnet,  
dass mindestens eine in Bezug auf das Objekt (9) gegebene  
ortsbezogene Information (26) vom Rechner (2) an einer kor-  
respondierenden Stelle (24) der Grunddarstellung (20) berück-  
sichtigt wird.

20

9. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
- dass vom Rechner (2) eine von der Grundabbildung (23) des  
Objekts (9) verschiedene 2D-Zusatzabbildung (23') des Ob-  
25jekts (9) ermittelt wird,  
- dass die Zusatzabbildung (23') vom Rechner (2) über das  
Ausgabesystem (10) als Bild flüchtig ausgegeben wird und  
- dass die Zusatzabbildung (23') des Objekts (9) gleichzeitig  
zur Grunddarstellung (20) und zur Grundabbildung (23), aber  
30 örtlich getrennt von diesen ausgegeben wird.

10. Darstellungsverfahren nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Zusatzabbildung (23') durch eine Zusatzaufnahmegeo-  
35 metrie bestimmt ist und dass die Zusatzaufnahmegeometrie je-  
derzeit änderbar ist.

11. Darstellungsverfahren nach Anspruch 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Zusatzaufnahmegeometrie von einem Bediener (12) manuell in eine Zusatzaufnahmestellung verfahren wird und dass

5 bei Erreichen der Zusatzaufnahmestellung der Rechner (2) eine akustische oder optische Zusatzrückmeldung und/oder die Zusatzaufnahmegeometrie eine mechanische Zusatzrückmeldung an den Bediener (12) ausgibt.

10 12. Darstellungsverfahren nach Anspruch 4 oder 5 und Anspruch 10 oder 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- dass die Grundaufnahmegeometrie eine Grundabbildungshauptachse (7) aufweist,

15 - dass die Zusatzaufnahmegeometrie eine Zusatzabbildungshauptachse (7') aufweist,

- dass die Abbildungshauptachsen (7, 7') sich unter Bildung eines Schnittwinkels ( $\alpha$ ) in einem gemeinsamen Schnittpunkt (8) schneiden und

20 - dass die Zusatzabbildung (23') relativ zur Grundabbildung (23) derart bestimmt wird, dass der Schnittwinkel  $90^\circ$  beträgt.

13. Darstellungsverfahren nach Anspruch 4 oder 5 und Anspruch 10 oder 11,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- dass die Grundaufnahmegeometrie eine Grundabbildungshauptachse (7) aufweist,

30 - dass die Zusatzaufnahmegeometrie eine Zusatzabbildungshauptachse (7') aufweist,

- dass die Abbildungshauptachsen (7, 7') sich unter Bildung eines Schnittwinkels ( $\alpha$ ) in einem gemeinsamen Schnittpunkt (8) schneiden,

35 - dass der Schnittwinkel ( $\alpha$ ) konstruktionsbedingt maximal so groß wie ein Grenzwinkel ist, der kleiner als  $90^\circ$  ist, und

- dass die Zusatzabbildung (23') relativ zur Grundabbildung (23) derart bestimmt wird, dass der Schnittwinkel ( $\alpha$ ) gleich dem Grenzwinkel ist.

5 14. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet ,

- dass vom Rechner (2) eine von der Grunddarstellung (20) des Volumendatensatzes (19) verschiedene zweidimensionale Zusatzdarstellung (21) des Volumendatensatzes (19) ermittelt  
10 wird,

- dass die Zusatzdarstellung (21) vom Rechner (2) über das Ausgabesystem (10) als Bild flüchtig ausgegeben wird und
- dass die Zusatzdarstellung (21) gleichzeitig zur Grundabbildung (23) und zur Grunddarstellung (20), aber örtlich  
15 getrennt von diesen, gegebenenfalls auch örtlich getrennt von der Zusatzabbildung (23'), ausgegeben wird.

15. Darstellungsverfahren nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet ,

20 dass die Zusatzdarstellung (21) vom Rechner (2) in Echtzeit ermittelt wird.

16. Darstellungsverfahren nach Anspruch 14 oder 15,  
dadurch gekennzeichnet ,

25 dass die Zusatzdarstellung (21) interaktiv änderbar ist.

17. Darstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13  
und einem der Ansprüche 14 bis 16,

dadurch gekennzeichnet ,

30 dass die Zusatzdarstellung (21) und die Zusatzabbildung (23') perspektivische Projektionen (21, 23') sind und derart bestimmt werden, dass ihre Projektionsparameter übereinstimmen.

18. Darstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17,

35 dadurch gekennzeichnet ,

- dass vom Rechner (2) eine sowohl von der Grunddarstellung (20) als auch von der Zusatzdarstellung (21) unabhängige

2D-Ergänzungsdarstellung (22) des Volumendatensatzes (19) ermittelt wird,

- dass die Ergänzungsdarstellung (22) vom Rechner (2) über das Ausgabesystem (10) als Bild flüchtig ausgegeben wird und
- dass die Ergänzungsdarstellung (22) gleichzeitig mit der Grundabbildung (23), der Grunddarstellung (20) und der Zusatzdarstellung (21), aber örtlich getrennt von diesen, gegebenenfalls auch örtlich getrennt von der Zusatzabbildung (23'), ausgegeben wird.

19. Darstellungsverfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Ergänzungsdarstellung (22) in Echtzeit ermittelt wird.

20. Darstellungsverfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ergänzungsdarstellung (22) interaktiv änderbar ist.

21. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungen (23, 23') und die Darstellungen (20 bis 22) jeweils über eine eigene Ausgabeeinrichtung (11), z. B. einen Monitor (11), des Ausgabesystems (10) ausgegeben werden.

22. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Darstellungen (20 bis 22) des Volumendatensatzes (19) Schnitte oder perspektivische Projektionen sind.

23. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungen (23, 23') des Objekts (9) perspektivische Projektionen (23, 23') sind.

24. Darstellungsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Grundabbildung (23), gegebenenfalls auch die Zusatz-  
abbildung (23'), durch Röntgenstrahlung oder durch Ultra-  
5 schall ermittelt wird bzw. werden.

25. Computerprogramm zur Durchführung eines Darstellungsver-  
fahrens nach einem der obigen Ansprüche.

10 26. Mit einem Computerprogramm nach Anspruch 24 programmier-  
ter Rechner.

27. Rechner nach Anspruch 26,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass er als Steuerrechner für eine bildgebende Modalität (1),  
insbesondere eine Röntgenanlage (1), ausgebildet ist.

28. Bildgebende Modalität, insbesondere Röntgenanlage, mit  
einem Steuerrechner (2) nach Anspruch 27.

## Zusammenfassung

## Rechnergestütztes Darstellungsverfahren für ein 3D-Objekt

5 Im Rahmen eines rechnergestützten Darstellungsverfahrens für  
ein 3D-Objekt (9) werden von einem Rechner (2) eine 2D-Grund-  
abbildung (23) des Objekts (9) und eine 2D-Grunddarstellung  
(20) eines 3D-Volumendatensatzes (19) des Objekts (9) ermit-  
telt und über ein Ausgabesystem (10) als Bilder flüchtig aus-  
10 gegeben. Die Grundabbildung (23) und die Grunddarstellung  
(20) werden vom Rechner (2) dabei gleichzeitig, aber örtlich  
getrennt voneinander ausgegeben.

FIG 3

15



FIG 1

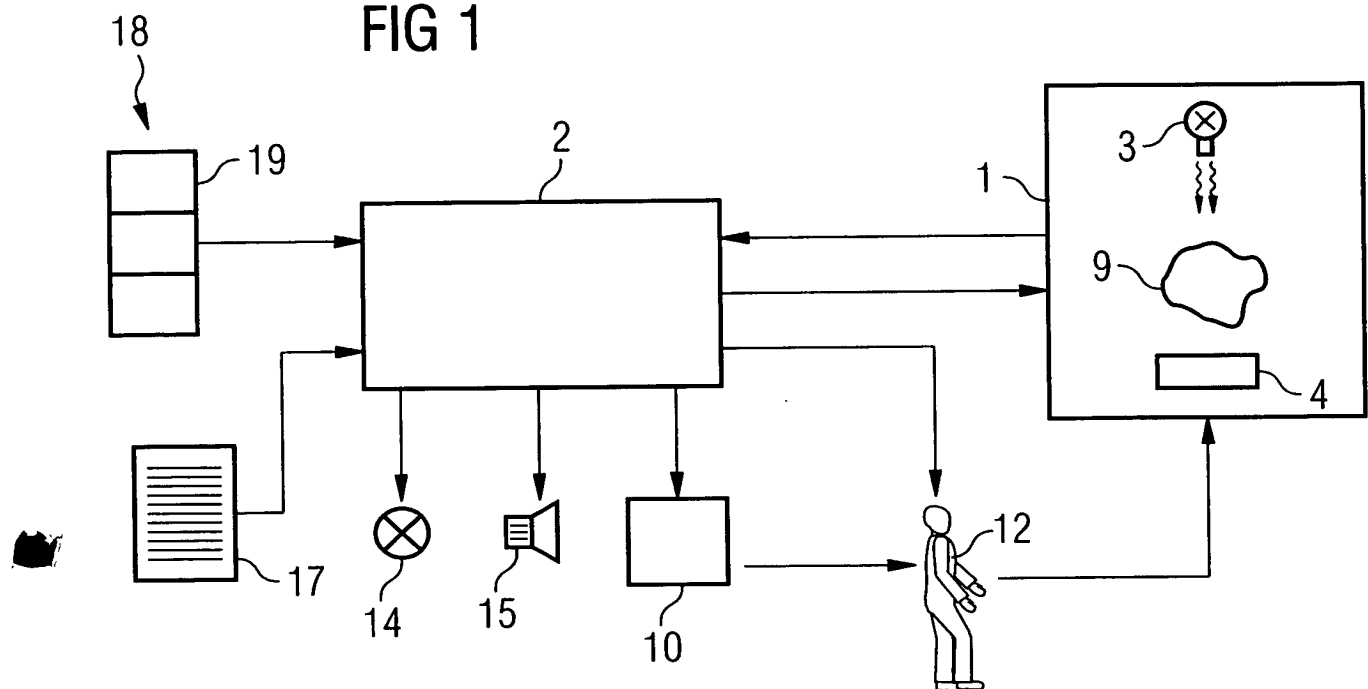


FIG 2

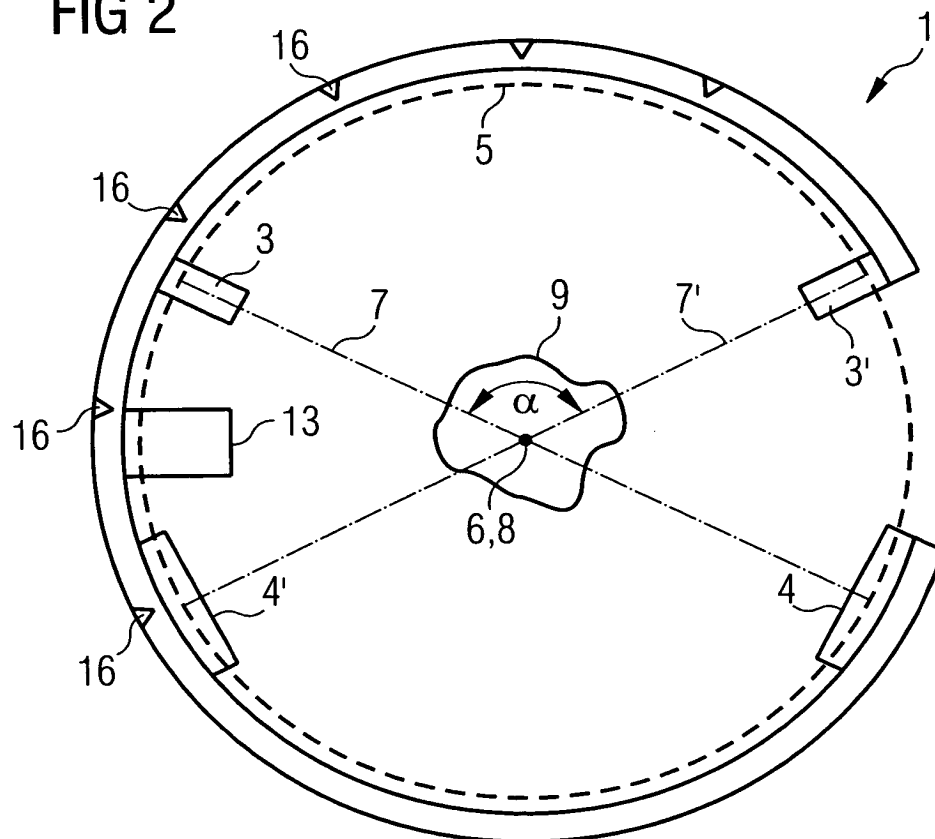


FIG 3

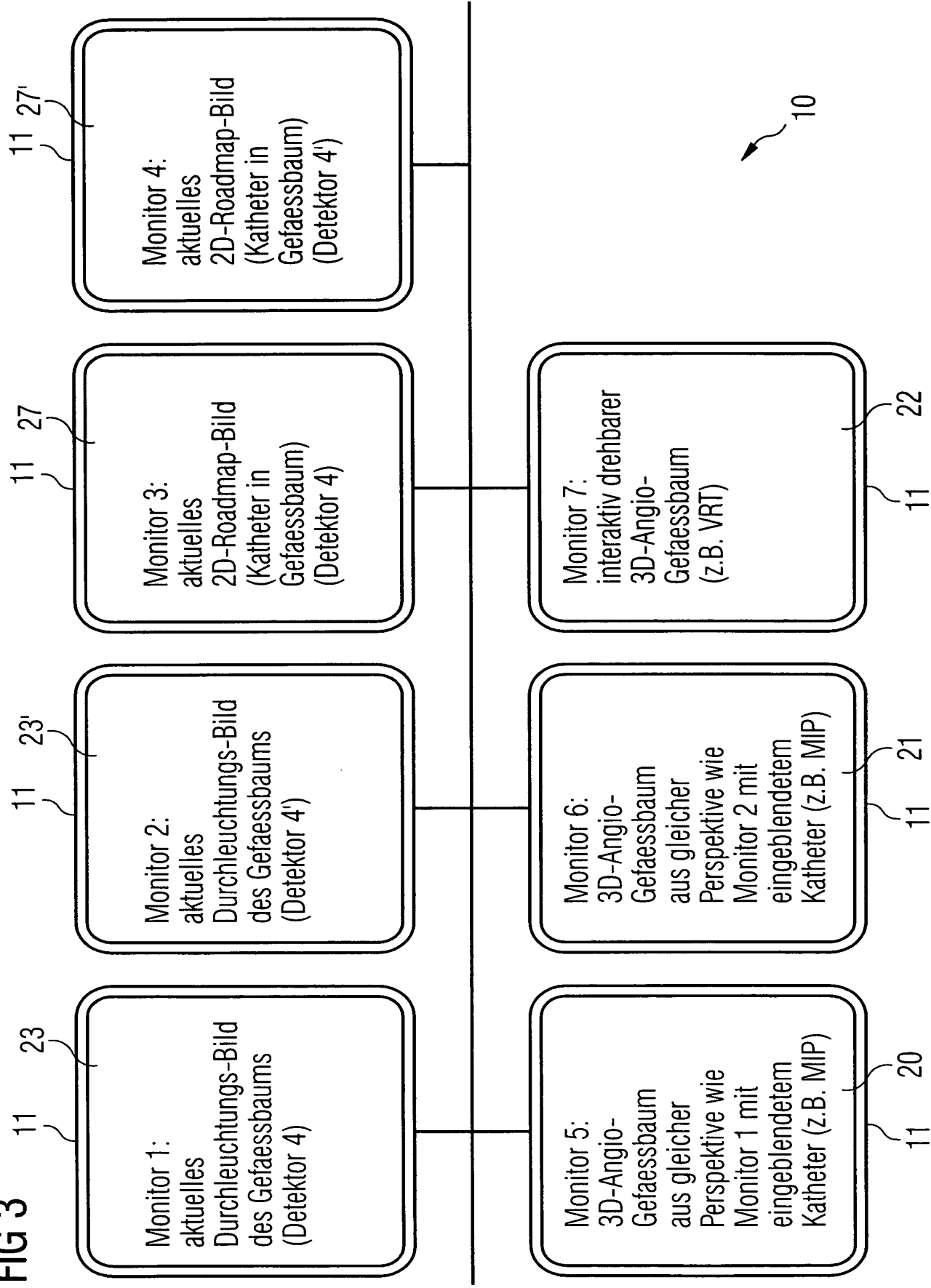


FIG 4

